

草坪生境中红火蚁蚁巢空间关系和蚁群迁移动态规律研究

王磊, 陆永跃, 曾玲, 何晓芳

(华南农业大学 资源环境学院, 红火蚁研究中心, 广东 广州 510642)

摘要:应用最近邻体法研究了草坪生境中红火蚁蚁巢间空间关系, 调查了蚁群迁移动态规律. 结果表明, 该生境中红火蚁 *Solenopsis invicta* 蚁巢空间格局呈随机分布和均匀分布交替出现, 且大部分时间为随机分布, 蚁巢间平均距离是 6.88 m. 不同月份蚁巢密度变化存在差异, 4 月份蚁巢密度增加程度最大, 为 0.305×10^{-2} 个/ m^2 ; 5 月份蚁巢密度降低程度最大, 为 0.19×10^{-2} 个/ m^2 . 与其他月份相比, 4 月份蚁巢平均迁移率最高, 为 20.70%, 迁移最活跃. 蚁巢平均使用时间为 43 d, 平均迁移距离为 5.57 m. 新出现于地表的红火蚁蚁巢短期内消失比率很高, 出现后第 1 周达 31.48%, 之后低于 10%.

关键词:红火蚁; 空间分布; 迁移动态; 草坪
中图分类号:Q968.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2012)02-0149-05

Nest Distribution and Dynamics of Colony Movement of Red Imported Fire Ant in Lawn

WANG Lei, LU Yong-yue, ZENG Ling, HE Xiao-fang
(Red Imported Fire Ant Research Center, College of Resources and Environment,
South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The nest spatial distribution and dynamics of colony movement of red imported fire ant were studied in the lawn of Guangzhou. The results revealed that the spatial distribution of fire ant nests alternated between random and uniform pattern, and the random pattern was dominant. The average distance between the neighbouring fire ant nests was 6.88 m. The highest increase of nest density, 0.305×10^{-2} nest/ m^2 , appeared in April, and the highest reduction of nest density was 0.19×10^{-2} nest/ m^2 in May. Average nest migration rate in April was 20.7%, which was higher than that in other months. The average occupied time of nests was 43 d, and the mean movement distance of the colonies was 5.57 m. The disappearing rate of newly-founded colonies reached as high as 31.48% within the first week, and then kept below 10%.

Key words: *Solenopsis invicta*; spatial distribution; movement; lawn

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 原产于南美洲巴拉那河流域, 是世界上 100 种危害最为严重的入侵生物之一^[1], 2004 年底在我国广东省吴川市局部地区发现其为害^[2], 目前我国台湾、广东、广西、湖南、香港、澳门等省区已经发现红火蚁^[1]. 作为社会性昆虫, 蚂蚁是以蚁群的形式与其他物种发生联系的, 蚁群间的相互关系对蚂蚁种群的控制有重要作用, 其中包括蚁群的建立、移动、死亡率以及蚁巢的空间分

收稿日期: 2011-07-25
作者简介: 王磊 (1986—), 男, 博士研究生; 通信作者: 陆永跃 (1972—), 男, 副教授, 博士, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn
基金项目: 国家自然科学基金 (30900942); 国家基础研究发展计划项目 (2009CB119206)

布^[3]. 种群的空间分布格局不仅可以反映种群间过去的关系,还可以用来预测种群间未来的关系^[4],是深入研究生物体生物学和生态学的基础. Gordon 等^[5]研究发现,收获蚁 *Pogonomyrmex barbatus* 蚁巢的密度和蚁巢间的距离可以影响其生殖潜力.

国外对牧场、农田、草坪、林地等红火蚁空间分布开展了研究^[6-7]. 国内研究发现,红火蚁在华南地区局域扩散速度慢,远距离传播扩散速度较快^[8],在自然传播过程中具有明显的向源头聚集的倾向,并与其生境相关^[9]. 多蚁后型种群有效蚁巢间具有空间依赖性且婚飞后新形成蚁巢间也具有空间相关性^[10-11]. 不同生境中的蚁巢密度不同,由于蚁巢间的相互排斥,蚁巢密度越高,分布越均匀^[12],而且在新入侵地不同生境中蚁巢的分布也存在差异^[13]. 最近邻体法是测定种群是否偏离随机分布的一种方法,主要用于相对固定、分离和容易标记的动植物^[14-15],该方法可在种群分布已知的情况下准确估算种群密度^[16-17]. 本文以广州市红火蚁种群为对象,采用最近邻体法研究了草坪生境中红火蚁蚁巢空间关系及蚁群迁移规律,旨在深入研究红火蚁传播、扩散和行为学特性,为了解红火蚁蚁群间的作用关系提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地在华南农业大学启林北区草坪,该草坪东面和北面为水泥路,西面和南面为荒地,小区面积为 7 879 m²,区域内树木较小,由园艺工人不定期进行管理. 据笔者调查,试验地内红火蚁为多蚁后型. 试验时间 2009 年 4 月 1 日—2009 年 9 月 30 日.

1.2 试验设计与方法

2009 年 4 月 1 日用 GPS 仪记录试验区域内所有活跃蚁巢位置,测量蚁巢长、宽、高,并用红色小旗进行标记. 然后每隔 7 d 测量活跃蚁巢大小,同时记录蚁巢死亡和新出现蚁巢数量. 用 GPS 仪定位新出现的蚁巢,根据蚁巢是否死亡、新出现蚁巢的大小、与其他蚁巢间的距离等确定红火蚁蚁群是否迁移及迁移后的方位,并应用经纬通 2.0 软件测量蚁群迁移的距离和方向. 用竹签反复插入蚁巢中,1 min 内有多于 3 头工蚁出现的即判定为活跃蚁巢. 调查期间如遇降水,调查时间向后延迟至降雨停止 3 h 后或者次日进行.

1.3 空间分布格局的测定方法及评价指标

本试验采用最近邻体法(Nearest neighbor analy-

sis)对蚁巢的空间分布进行分析. 具体方法为依次选择种群内每一个体,测量其与最近邻体间的距离,然后将测定区域内随机样本中全部生物的平均最近距离($\bar{r}_A$)与相同密度条件下随机分布种群中生物的平均最近邻体距离的期望值($\bar{r}_E$)进行比较,所得比值(R)是种群随机性偏离的测量值^[14-17]. 本文中所用的主要公式及参数含义如下^[14-17]:

$$\bar{r}_A = \frac{\sum r}{N}, \bar{r}_A: \text{平均最近距离}, r: \text{最近邻体距离},$$

N : 调查区域内每次调查的蚁巢总数.

$D = N/S, D$: 蚁巢密度, S : 调查小区面积.

$\bar{r}_E = 1/2\sqrt{D}, \bar{r}_E$: D 密度下蚁巢在调查小区随机分布的平均最近邻体距离的期望值.

$R = \bar{r}_A / \bar{r}_E, R$: 种群随机性偏离的测量值,即实测平均距离与随机分布下平均距离的比率, $R = 1$ 时,个体分布为随机分布;当 $R < 1$ 时,个体分布偏向于聚集分布, $R = 0$ 时最大聚集(所有个体都在同一位置);当 $R > 1$ 时,个体分布偏向于均匀分布, $R = 2.1491$ 时,个体间空间间隔最大,呈正六方格局.

$$\delta_{r_E} = \frac{0.26136}{\sqrt{D \cdot N}}, \delta_{r_E} \text{ 为 } D \text{ 密度随机分布种群的最}$$

近邻体距离的标准误.

$$C = \left| \frac{\bar{r}_A - \bar{r}_E}{\delta_{r_E}} \right|, C \text{ 为正态分布曲线标准误}, C =$$

1.96 或 2.58 分别代表 5% 或 1% 水平的差异显著性,若 $C > 1.96$ 或 2.58,则试验种群的分布与随机分布差异显著或极显著,否则属随机分布.

蚁巢迁移率是指每次调查时出现迁移的蚁巢个数占调查蚁巢总数的比例. 蚁巢消失比率是指调查时消失的蚁巢个数占调查蚁巢总数的比例. 蚁巢平均使用时间是指蚁巢从出现于地表到迁移时两者之间的时间间隔;如果蚁巢在调查期间出现 2 次或 2 次以上的迁移情况时,迁移时间按蚁巢最近 2 次迁移的时间间隔计算.

1.4 数据获取和处理方法

使用由北京合众思壮科技有限公司生产的 GPS-map 60CSx 对调查区域内蚁巢进行定位,并测量调查区域的面积,同时使用该公司生产的经纬通标准版软件测量每个蚁巢与其最近邻体间的距离;试验数据采用 SPSS Statistics 18.0 软件进行统计分析和 Microsoft Excel 2003 软件进行计算、绘图.

2 结果与分析

2.1 草坪生境中红火蚁蚁巢的空间格局

经测量并应用最近邻体法计算所得数据见表 1.

表1 红火蚁蚁巢最近邻体距离测量值及统计¹⁾

Tab.1 Measuring value and statistics of *Solenopsis invicta* by nearest neighbor analysis

调查日期	蚁巢 总数/个 (个·m ⁻²)	蚁巢密度/ (个·m ⁻²)	Σr/m	$\bar{r}_E$ /m	$\bar{r}_A$	R	δ _{r_E}	C	与随机分布 差异显著性	分布格局
0401	51	0.006 437	323.28	6.2320	6.338 8	1.017 1	0.456 2	0.234 11	不显著	随机
0408	72	0.009 138	409.00	5.230 5	5.680 6	1.086 1	0.322 2	1.396 96	不显著	随机
0421	85	0.010 788	464.12	4.813 9	5.640 2	1.171 6	0.272 9	3.027 85	极显著	均匀
0501	84	0.010 661	454.08	4.842 5	5.405 7	1.116 3	0.276 2	2.039 10	显著	均匀
0509	57	0.007 234	354.03	5.878 7	6.211 1	1.056 5	0.407 0	0.816 71	不显著	随机
0516	50	0.006 346	332.84	6.276 5	6.656 8	1.060 6	0.464 0	0.819 61	不显著	随机
0521	44	0.005 584	318.36	6.691 1	7.235 5	1.081 4	0.527 3	1.032 43	不显著	随机
0527	47	0.005 965	315.49	6.473 9	6.712 6	1.036 9	0.493 6	0.483 59	不显著	随机
0601	51	0.006 473	353.67	6.214 7	6.934 7	1.115 9	0.454 9	1.582 77	不显著	随机
0608	50	0.006 346	380.25	6.276 5	7.605 0	1.2117	0.464 0	2.863 15	极显著	均匀
0614	51	0.006 473	362.02	6.214 7	7.098 4	1.142 2	0.454 9	1.942 62	不显著	随机
0621	47	0.005 965	325.26	6.473 9	6.920 4	1.069 0	0.493 6	0.904 58	不显著	随机
0630	44	0.005 584	335.87	6.691 1	7.633 4	1.140 8	0.527 3	1.787 03	不显著	随机
0707	41	0.005 204	319.21	6.931 1	7.785 6	1.123 3	0.565 8	1.510 25	不显著	随机
0713	48	0.006 092	346.42	6.406 0	7.217 1	1.126 6	0.483 3	1.678 25	不显著	随机
0720	46	0.005 838	333.25	6.543 9	7.244 6	1.107 1	0.504 3	1.389 45	不显著	随机
0727	48	0.006 092	318.08	6.406 0	6.626 7	1.034 5	0.483 3	0.456 65	不显著	随机
0803	46	0.005 838	332.10	6.543 9	7.219 6	1.103 3	0.504 3	1.339 88	不显著	随机
0811	46	0.005 838	332.10	6.543 9	7.219 6	1.103 3	0.504 3	1.339 88	不显著	随机
0818	63	0.007 996	409.48	5.591 6	6.499 7	1.162 4	0.368 2	2.46632	显著	均匀
0826	62	0.007 869	406.10	5.636 5	6.550 0	1.162 1	0.374 2	2.441 21	显著	均匀
0903	54	0.006 854	366.15	6.039 5	6.780 6	1.122 7	0.429 6	1.725 09	不显著	随机
0909	51	0.006 473	362.08	6.214 7	7.099 6	1.142 4	0.454 9	1.945 26	不显著	随机
0916	50	0.006 346	369.82	6.276 5	7.396 4	1.178 4	0.464 0	2.413 58	显著	均匀
0923	47	0.005 965	350.53	6.473 9	7.458 1	1.152 0	0.493 6	1.993 92	显著	均匀
0930	47	0.005 965	359.51	6.473 9	7.649 1	1.181 5	0.493 6	2.380 88	显著	均匀

1) Σr:最近邻体距离和; $\bar{r}_E$:随机分布平均距离; $\bar{r}_A$:实测平均距离;R:种群随机性偏离的测量值;δ_{r_E}:D密度下随机分布种群的最近邻体距离的标准误;C:正态分布曲线标准误,C=1.96或2.58分别代表5%或1%的差异显著水平。

由表1可看出,在26次调查中,C>1.96或2.58的有8次,表明这8个样本的分布与随机分布具有显著或极显著差异,再根据R都大于1可知,这8次调查的蚁巢的分布属均匀分布;而其他的18次C<1.96,与随机分布没有差异,属随机分布.通过对每次调查的 $\bar{r}_A$ 求平均,发现红火蚁蚁巢间的平均距离为6.88 m.

2.2 红火蚁蚁巢数量发生动态

不同月份间红火蚁蚁巢数量消长存在差异(图1).4月份蚁巢密度最大,为0.88×10⁻²个/m²,5—9月份的蚁巢密度分别是0.716×10⁻²、0.617×10⁻²、0.581×10⁻²、0.688×10⁻²、0.632×10⁻²个/m².4月份蚁巢密度增加数量最多,为0.305×10⁻²个/m²,5月份次之,为0.094×10⁻²个/m²,6月份最少,只有0.030×10⁻²个/m².5月份蚁巢密度降低数量

最大,是0.19×10⁻²个/m²,4月份较少,为0.089×10⁻²个/m²,8月份最少,仅为0.019×10⁻²个/m².结果表明,在4—5月份间,红火蚁蚁巢出现了增长率高,消亡率高的现象.

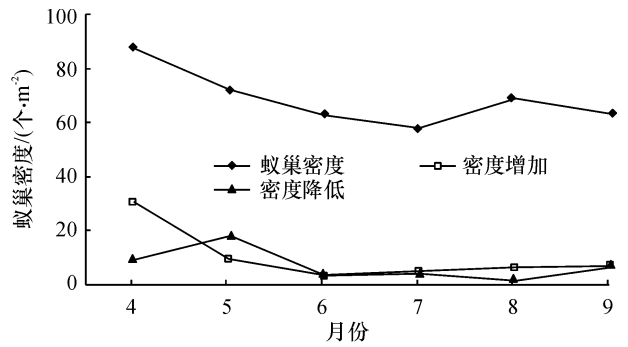
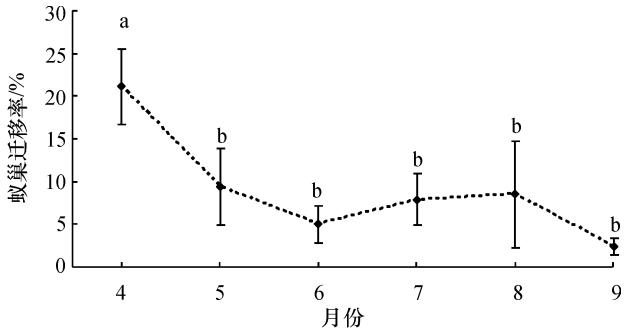


图1 草坪上红火蚁蚁巢密度消长动态

Fig.1 The dynamics of *Solenopsis invicta* nests in lawn

2.3 红火蚁的蚁群迁移

由图 2 可知,4—9 月蚁群平均迁移率分别为 20.7%、8.7%、4.4%、6.8%、7.9%、2.5%。Duncan’s 法检验结果表明,4 月份的蚁群平均迁移率明显高于其他月份,而 5—9 月的蚁巢平均迁移率差异不显著。



图中凡是标有一个相同小写字母者,表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan’s 法)。

图 2 不同时间草坪上红火蚁蚁巢迁移率
Fig. 2 Migrating proportion of *Solenopsis invicta* colonies at different time

2.4 蚁群迁移时间和蚁巢迁移距离

观察到的发生迁移的 64 个蚁群的蚁巢平均使用时间见图 3。图 3 的结果表明,红火蚁蚁巢建立后,最短的时间是 5 d 后发生迁移,最长的是 161 d,平均为 43 d。调查结果表明,在自然条件下红火蚁迁移还是比较频繁的. 这可能与红火蚁蚁群间的竞争和区域内的食物丰富度等因素有关。

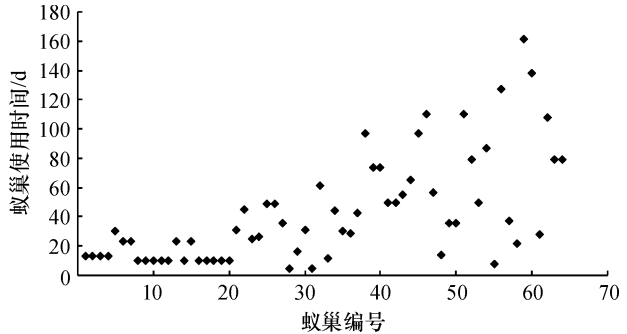


图 3 草坪上红火蚁蚁巢使用时间
Fig. 3 Occupied time of *Solenopsis invicta* nests in lawn

以试验中观察到的 108 次蚁巢迁移作图 4,迁移的最短距离为 0.47 m,最长为 18.48 m,大部分在 2~7 m 之间,平均迁移距离为 5.57 m。

2.5 红火蚁蚁巢消失的动态

对新出现的共计 200 个蚁巢消失的时间进行调查,结果见图 5。由图 5 可见,4—9 月在新建蚁巢 1 周后 31.48% 蚁巢消失了;随后消失比率急剧下降,第 2 周降低为 9.94%,之后基本稳定在 10% 以下。在调

查中发现 27 个蚁巢在被蚁群遗弃后,又被其他红火蚁重新使用,且全部发生在蚁巢消失后 1 周内。

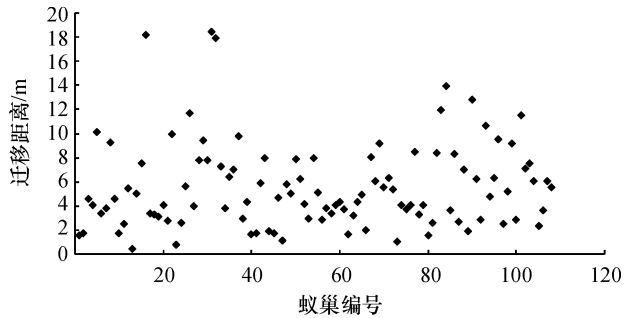


图 4 红火蚁蚁巢迁移距离
Fig. 4 Migrating distance of *Solenopsis invicta* colonies

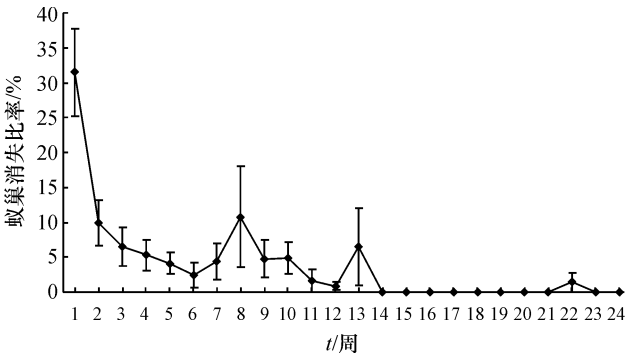


图 5 红火蚁蚁巢建立后的消失动态
Fig. 5 The dynamic of disappearing rate of *Solenopsis invicta* nests after being found

3 讨论与结论

国内目前主要使用聚集度指标、平均拥挤度的方法对红火蚁的空间分布格局进行研究^[11-13,18-21],这些方法是以样方内个体数目的多少来对分布格局进行研究的,因此会部分丢失种群分布的信息,事实上,每个个体都不是与种群内所有的个体竞争,而是只与它的直接邻体竞争,并与其邻体形成小规模的分布格局,之后又在大尺度上复合形成空间分布格局. 本文尝试使用最近邻体法来研究草坪红火蚁蚁巢的空间分布格局,结果表明红火蚁蚁巢在草坪生境中的分布是随机分布和均匀分布交替出现的,且在大部分时间表现为随机分布,此结论与许益鏊等^[13]的研究结果基本一致。

调查中发现 4—5 月红火蚁蚁巢出现了增长率和消亡率双高的现象,而其他几个月的增长、消亡变化则比较稳定,这可能与试验地的环境和红火蚁的习性相关. 3—5 月是红火蚁婚飞盛期,广州 2009 年 4 月温湿度较适合红火蚁婚飞和生存,试验地两面为水泥路,另两面为几乎没有覆盖物的荒地,这使得最

适宜红火蚁生存的地点局限在试验地内,4月高增长导致红火蚁群间的竞争加剧而导致5月的消亡率高。红火蚁蚁群的迁移高峰也出现在4月。

调查同时发现,红火蚁蚁巢迁移相对较为频繁,平均迁移时间为43 d。Heller等^[18]通过对阿根廷蚁3年的跟踪调查发现阿根廷蚁的迁移会随季节而变化,在夏季蚁群会迁往阴凉的地方。但本试验没有发现红火蚁出现明显的类似情况。试验中跟踪调查了47个发生1次以上迁移现象的蚁群,其中38.3%的蚁巢出现了2个和2个以上的迁移方向,表明红火蚁蚁群在迁移时倾向于扩大蚁群的领域。在试验中还发现红火蚁蚁巢在自然状态下迁移距离是5.57 m,高于黑火蚁3.7 m的迁移距离^[19]。在人为干扰的情况下,蚁巢的迁移距离是4.30 m,低于自然条件下的5.57 m($t=2.24, P<0.05$)^[20],这说明外界频繁干扰对红火蚁蚁巢的迁移距离存在负面影响。

调查还发现红火蚁的蚁巢死亡率在蚁巢新建后的第1周内达到31.48%,在以后的时间内则基本稳定在10%以下。这可能是由于建立新蚁巢耗去了蚁群较大的能量,因此,在觅食和防卫等方面竞争不过已经稳定建群的蚁群。该结果符合威尔逊^[3]认为在蚂蚁新集群形成的最初阶段其高死亡率有利于种群适应性的理论。

参考文献:

[1] 曾玲,陆永跃,陈忠南,等. 红火蚁监测与防治[M]. 广州:广东科技出版社,2005.

[2] 曾玲,陆永跃,何晓芳,等. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查[J]. 昆虫知识,2005,42(2):144-148.

[3] 威尔逊. 昆虫的社会[M]. 王一民,王子春,冯波,等译. 重庆:重庆出版社,2007:506-510.

[4] ADAMS E S, TSCHINKEL W R. Spatial dynamics of colony interaction in young populations of the fire ant *Solenopsis invicta*[J]. Oecologia,1994,102(2):156-163.

[5] GORDON D M, WAGNER D. Neighborhood density and reproductive potential in harvester ants [J]. Oecologia, 1997,109(4):556-560.

[6] STILES J H, JONES R H. Distribution of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in road and powerline habitats

[J]. Landscape Ecology,1998,16(3):335-346.

[7] WOJCIK D P, ALLEN C R, BRENNAN R J, et al. Red imported fire ants: Impact on biodiversity[J]. American Entomology, 2001, 47(1):16-23.

[8] 陆永跃,梁广文,曾玲. 华南地区红火蚁局域和长距离扩散规律研究[J]. 中国农业科学,2008,41(4):1053-1063.

[9] 许益镬,陆永跃,曾玲,等. 红火蚁局域扩散规律研究[J]. 华南农业大学学报,2006,26(1):40-42.

[10] 陆永跃,李宁东,梁广文,等. 红火蚁多蚁后型种群有效蚁巢局域分布的空间相关性研究[J]. 应用生态学报, 2007,18(1):140-144.

[11] 陆永跃,李宁东,梁广文,等. 红火蚁多蚁后型种群婚飞新形成蚁巢的局域空间分布特征[J]. 华南农业大学学报,2007,28(4):1-5.

[12] 李宁东,陆永跃,曾玲,等. 广东省吴川红火蚁生境类型、空间分布和抽样技术研究[J]. 华中农业大学学报, 2006,25(1):31-35.

[13] 许益镬,陆永跃,曾玲. 新入侵地红火蚁蚁巢的空间分布特征[J]. 广东农业科学,2010(8):16-19.

[14] 徐汝梅,成新跃. 昆虫种群生态学:基础与前沿[M]. 北京:科学技术出版社,2005.

[15] 黄保宏,刘安军. 利用最近邻体法探求朝鲜坚蚱在梅树上的分布[J]. 安徽技术师范学院学报,2004,18(6):45-47.

[16] 张庆贺,牛明德. 最近邻体法及其在昆虫分布格局研究中的应用[J]. 昆虫知识,1992,29(6):366-369.

[17] 徐学农,卢灿坤,裴金萍,等. 利用最近邻体法探求朱砂叶螨若螨在棉叶上的分布[J]. 安徽农业大学学报, 1996,23(4):490-492.

[18] HELLER N E, GORDON D M. Seasonal spatial dynamics and causes of nest movement in colonies of the invasive argentine ant (*Linepithema humile*) [J]. Ecological Entomology, 2006, 31(5):499-510.

[19] BRIANO J A, PATTERSON R S, CORDO H A. Colony movement of the black imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina[J]. Environmental Entomology, 1995, 24(5):1131-1134.

[20] 王磊,曾玲,陆永跃,等. 蚁丘被破坏程度对红火蚁蚁群迁移的影响[J]. 昆虫知识,2010,47(5):941-944.

[21] 孙印兵. 入侵红火蚁空间分布规律及监测技术研究[D]. 福州:福建农林大学,2009.

【责任编辑 周志红】